

油气定量预测方法的探讨

杨文宽

(地质部第五石油普查勘探指挥部)

本文试图就石油与天然气定量预测问题(包括干酪根成熟度的定量估计、干酪根演化史的恢复、成熟带上下限的估计、油气初次运移量的估算、沥青生成量的估算、源岩综合评价等内容)提出一种解决方法。

本方法的理论基础是干酪根热降解生油气学说和化学动力学,其核心问题则是“干酪根剩碳率”。众所周知,地壳中的油气绝大部分是干酪根在地下热能的作用下演化而成的,只有很小一部分是其它因素(例如生物化学作用)导生的。碳是干酪根的主要元素成分,而且易于精确测定,所以通过对地下干酪根所含碳元素变迁过程的研究,可以获得干酪根演化过程相当精确的信息。干酪根中的碳原子,根据它们在演化过程中的分配情况,可以分为下述三类。

1. 无潜力碳(N)——在整个演化过程中,始终不能从干酪根中裂解出来的碳。这部分碳原子主要是芳核本身的碳原子,它们以相对稳定的苯键互相联结起来,以至在地下深处的贫氧条件下即使受热也很难裂解出来。由干酪根演化而成的有机石墨,乃是基本上由无潜力碳构成的干酪根残渣。无潜力碳在全部干酪根碳中所占的分率,不同类型的干酪根是不同的(图2)。主要起源于海生藻类的干酪根富于饱和结构而贫于芳香结构,故无潜力碳分率甚低。此类干酪根不易高度富集,而且在受热降解后残留下来的固态物质不多,这就是为什么海成油气源岩实测总剩余有机碳丰度一般偏低的原因之一。与之相反,主要起源于陆生高等植物的干酪根,富于芳香结构而贫于饱和结构,故无潜力碳分率较高。此类干酪根即使已处于成熟状态或过成熟状态,残留在原处的固态物质仍然比较多,这就是为什么一部分湖泊油气源岩和三角洲油气源岩实测总剩余有机碳丰度一般较海成源岩为高的原因之一。此类干酪根如果高度富集起来,就往往形成有经济价值的煤层。

2. 有潜力碳(B)——在干酪根演化过程中,逐渐转移到沥青(bitumen,包括油和气)分子之中的碳。这一部分碳原子,主要是芳核周围桥状和侧链状原子团中的碳原子。它们在全部干酪根碳原子中所占的分率,与无潜力碳相反,主要起源于海生藻类的干酪根最高,而主要起源于陆生高等植物的干酪根较低。对处于成熟状态的干酪根而言,原来的有潜力碳可再分为三部分(表1):一部分是尚未转移到油气和氯仿沥青分子之中的碳(B),一部分是已经转入油气和氯仿沥青分子之中但尚未从源岩中运移出去的碳(A),一部分是已经转入油气分子之中并且已经从源岩中运移出去的碳(M)。本文所说的“总剩余有机碳”,除了包括全部无潜力碳外,还包括尚未完成初次运移的有潜力碳(A加B)。因此,吸附在地下源岩之中的残存气态烃中的碳,也是本文所称

“总剩余有机碳”的组成部分。

3. 碳氧化合物碳——在干酪根演化过程中逐渐转移到 CO_2 和 CO 分子之中的碳。这部分碳原子在脱离干酪根之前也主要存在于芳核周围桥状和侧链状原子团之中。它在全部干酪根碳原子中所占的分率，对未成熟的干酪根来说，特别是对 O/C （原子比）较高而 H/C （原子比）较低的干酪根来说，可能是较大的数值。但是，对于即使刚进入成熟状态的干酪根来说，这个分率也是很小的。干酪根热解产物的质谱分析结果表明，在未成熟阶段的末期，绝大部分 CO_2 都已从干酪根中释放出来，以致在成熟阶段亦即大量生烃的温度区间内，释放出来的 CO_2 已经非常之少了^[1]。根据蒂索等人提供的巴黎盆地下托阿斯组(L. Toarcian)页岩和杜阿拉(Douala)盆地上白垩统的实验资料^[2]估算，对处于成熟阶段始点的干酪根而言，碳氧化合物碳在全部干酪根碳中所占的分率大体上不超过3%。在一般油气藏中， CO_2 和 CO 的含量相对于油气总量来说是很少的，而且其中一部分还可能起源于生物化学作用 and 无机作用（碳酸盐的分解、火山的喷发等）——这一事实无疑对“分率不高”的看法提供了间接的支持。

考虑到上述第三部分碳（碳氧化合物碳）对于临近成熟状态门限的干酪根来说含量甚少，而且也难于利用成熟了的岩石样品进行精确测定，所以本文所说的“原始干酪根碳”或“干酪根原始碳”（K）仅仅是第一部分碳（N）和第二部分碳（B₀）的总和。这样做，事实上并不会引起很大的误差。

以上关于碳的术语的含意，总结于表1中。

表1 有关碳的术语的含意

原始干酪根碳 K	有潜力碳 B ₀	已经转移的碳 B ₀ —B	已经逸出源岩的油气中的碳 M	实测总剩余碳 C
			源岩残存油气和氯仿沥青中的碳 A	
		尚未转移的碳 B	残余干酪根（包括中介产物）中的碳 N + B	
	无潜力碳 N			

一 有潜力碳剩碳率的估算

有潜力碳剩碳率 α ，指的是尚未转移到油气和氯仿沥青中的碳B对全部有潜力碳B₀的比率：

$$\alpha = B \div B_0 \quad (1)$$

显然，这个比率是随着干酪根埋藏温度和时间的变化而不断变化的，需要利用化学动力学的知识，才能把 α 同温度、时间等变量之间的函数关系求出来。

干酪根受热而降解的过程肯定是一个非常复杂的反应过程（例如由一系列平行的连串反应构成的过程），但是经验使得许多有机地化学家倾向于认为，这个复杂的反应过程可以近似地看作是单分子一级反应过程，并且服从阿仑尼乌斯公式。根据这一经过实践初步检验的假定，我们可以写出下列动力学方程：

$$v = -\frac{dB}{dt} = aBe^{-\frac{E}{RT}} \quad (2)$$

式中: v ——反应速率

B ——有潜力碳的瞬时剩存量

t ——时间(百万年)

a ——表观频率因数(1/百万年)

E ——表观活化能(卡/摩尔)

R ——通用气体常数(1.9865卡/摩尔·开)

T ——干酪根的绝对温度(开)

e ——自然对数的底

在实际的地质—地化过程中,干酪根的埋藏温度 T 随着埋藏时间 t 的增加而不断地变化。对于大多数沉积盆地的干酪根而言,温度 T 和时间 t 之间大体上呈线性关系:

$$T = T_0 + nt \quad (3)$$

式中, T_0 表示源岩沉积时期盆地部位的岩石圈表层年平均温度(开),即通常所说的“古地表温度”, n 表示温度的平均增长速率(开/百万年)。

由(2)、(3)两式,可知:

$$\frac{dB}{B} = -ae^{-\frac{E}{R(T_0+nt)}} dt \quad (4)$$

这个微分方程的近似解之一如下:

$$\frac{B}{B_0} = \exp \left\{ -\frac{1.95at}{(T-T_0)} \left[\frac{T^2}{(E+3.07T)} e^{-\frac{E}{RT}} - \frac{T_0^2}{(E+3.07T_0)} e^{-\frac{E}{RT_0}} \right] \right\} \quad (5)$$

在油气能够生成和能够保存的温度区间内,方程(4)的这个近似解即式(5)的精确度很高——这可以用(4)式等号右端的数值积分结果来检验。实际上,当温度大于330开(57℃)时,即使省去式(5)方括号内第二项,所引起的 α 值的误差一般也不会大于1%。这就是说,当 T 大于330开时,式(5)甚至可以用式(6)来代替:

$$\alpha \approx \exp \left\{ -\frac{1.95atT^2}{(T-T_0)(E+3.07T)} e^{-\frac{E}{RT}} \right\} \quad (6)$$

式(5)中的待定通用参数只有两个,即 a 和 E 。以若干个油气盆地已知的 t 、 T_0 、 T 、 α 值代入式(5),就可以求出 a 和 E 。用这种方法求得的 a 值和 E 值,要比在实验室内测得的 a 、 E 值可靠得多,因为实验条件(受热时间、介质等)毕竟和实际的地质—地化条件很不相同。

作者选用巴黎盆地托阿斯组下部页岩($t=180$ 百万年)和洛杉矶盆地中新统上部($t=7$ 百万年)的资料进行了估算(由文献提供的地化数据推知前者在333开时达到演化程度与后者在396开时达到的演化程度大体相同,此外 T_0 均假定为293开),求得表观活化能 $E=15950$ 卡/摩尔。这样算得的 E 值是干酪根有潜力碳整个演化过程的表观活化能值,不是断开某一特定化学键所需要的活化能值,也不是全部干酪根碳的表观活化能值。

至于相应的表观频率因数 a ,根据巴黎盆地资料($T=333$ 开时 $\alpha=0.94$, $T=373$ 开时 $\alpha=0.59$)估算,应为 3.292×10^7 /百万年。用其他一些盆地的数据进行估算,所得结果也很相近。

以 $E=15950$ 和 $a=3.292 \times 10^7$ 代入式(5),我们得到:

$$\alpha = \exp \left\{ -\frac{6.42 \times 10^7 t}{(T - T_0)} \left[\frac{T^2}{(15950 + 3.07T)} e^{-\frac{8029}{T}} - \frac{T_0^2}{(15950 + 3.07T_0)} e^{-\frac{8029}{T_0}} \right] \right\} \quad (7)$$

式中, T 和 T_0 均为绝对温度(开), t 的单位是百万年。

利用式(7), 我们只要知道了古地表温度 T_0 和干酪根年龄 t , 就可求得与埋藏温度 T 相对应的剩碳率 α 。

二 成熟度估计

人们通常根据 OEP 值、镜质体反射率、孢粉颜色、氯仿沥青族组分、正构烷主峰碳数、红外吸收光谱特征等等资料来评价源岩的成熟程度。但是这种评价只是定性的而不是定量的评价, 它只能大体上把成熟与未成熟区分开, 或者大体上把成熟与过成熟区分开, 却不能准确回答究竟有百分之多少的干酪根碳已经转移到了油气和氯仿沥青分子之中。显然, 如果要具体算出油气生成的数量和初次运移的数量, 仅仅对干酪根成熟度进行定性评价就不够了。

有时候, 人们也根据源岩的残存烃丰度, 或者根据烃碳比之类的数据来定性衡量源岩的成熟程度。但这种作法很值得商榷, 因为, 一方面, 残存烃不等于已生成的烃; 另一方面, 成熟度相同但类型和丰度不相同的干酪根, 它们所生油气的丰度显然不会一样。

由于没有一个公认的具体的标准, 不同的人谈到同一层源岩成熟带(或“生油主带”)的上下限深度时, 可能有上百米的出入, 即使他们所依据的基础数据完全相同。

作者认为, 比值 $\alpha = B/B_0$ 可以作为定量衡量干酪根成熟度的尺度。从式(7)不难看出, α 可以在 1 与 0 之间取任何数值。

根据最近十多年来国内外发表的有关文献所表达的趋势, 作者建议明确约定: α 值下降到 0.94 (即每克有潜力碳已有 60 毫克转移到油气和氯仿沥青之中) 是成熟状态的始点, α 值下降到 0.06 (即每克有潜力碳只留下 60 毫克没有转移到油气和氯仿沥青之中) 是成熟状态的终点(参见图 1 和下文有关说明)。

对于同一层沉积岩中的干酪根而言, T_0 和 t 均为定值; 若以不同的 T 值代入式(7), 就可求得对应于不同温度的有潜力碳剩碳率 α 。再将温度换算为深度, 这层岩石在什么深度的成熟度如何, 就可以清楚地看出来。深度 H 的计算方法如下:

$$H = (T - T_0') \div G$$

式中, T_0' 是现代地表温度; G 为现代地温梯度; T 和 T_0' 的单位为开, 如果深度的单位为米, 则现代地温梯度的单位必须是开/米。

现以沅江凹陷始新统沅江组中段为例。干酪根年龄 $t = 50$ 百万年^[3], 古地表温度 T_0 参照现代地表年平均温度取值 289 开 (16℃), 地温梯度根据井温测井资料(校正值)估算为 0.033 开/米, 于是对应于不同深度亦即不同温度的 α 值如表 2 所示。从表列计算

结果看,沅江凹陷沅江组中段要埋在2080米以下才处于成熟状态。实际上,沅江组中段的一般埋藏深度都小于2080米,最大埋藏深度也只有2200米左右,这是它油气丰度不高的一个重要原因(另一个重要原因是干酪根丰度甚低)。

表2 沅江组中段的成熟度

地 下 温 度		深 度 (米)	成 熟 度 (α)
$^{\circ}\text{C}$	开		
49	322	1000	0.992
62	335	1400	0.982
75	348	1800	0.963
82	355	2000	0.948
85	358	2080	0.940
89	362	2200	0.926
95	368	2400	0.897

三 演化史的恢复

某一层油气源岩的干酪根在什么地质时代达到了什么样的演化水平,这是油气普查勘探过程中需要回答的问题之一。把不同的 t 值和相应的 T 值代入式(7),就可求出不同地质时期的 α 值。为了提供一个计算实例,作者把湖南中部某地中泥盆统棋梓桥组下部油气源岩从开始沉积直到印支运动前夕的演化史列于表3。在计算过程中, T_0 取值293开(20 $^{\circ}\text{C}$)古地温梯度取值3开/100米。干酪根年龄则是根据文献^[8]提供的地质时标确定的。

表3 湘中棋梓桥组下部源岩演化史

地 质 时 代	干酪根年龄 (百万年)	埋 藏 深 度 (米)	埋 藏 温 度		成 熟 度 (α)
			$^{\circ}\text{C}$	开	
D 中 期	0	0	20	293	1.00
D 末 C 初	25	1400	62	335	0.99
C ₁ 末	45	2400	92	365	0.92
C 末 P 初	90	3100	113	386	0.61
P 末 T 初	145	3800	134	407	0.12
印支运动前夕	155	4400	152	425	0.01

进行演化史的研究有重要的实际意义。例如由表3就可以得出一些重要的结论:棋梓桥组下部油气源岩早在早石炭世就已经进入成熟阶段(α 值已降到0.94),到印支期褶皱变动前夕,油气潜力已经消耗完了(α 值已接近于0);因此印支期和燕山期形成的圈闭并不是“适时圈闭”,它们只能捕捉一部分在印支运动以前就已形成的油气。

四 门限温度和时间关系

如上文所述, 我们已经求得 $E=15950$ 卡/摩尔, $a=3.292 \times 10^7$ /百万年, 并已约定 $\alpha=0.94$ 是成熟状态的始点, 如果再对所有盆地的古地表温度作一个“一刀切”的假定——假定 T_0 恒等于293开(即20℃), 那么由式(5)可以得到:

$$t_m = 9.6388 \times 10^{-10} (T_m - 293) + \left[\frac{T_m^2}{15950 + 3.07 T_m} e^{-\frac{8092}{T_m}} - 6.3974 \times 10^{-12} \right] \quad (8)$$

式中 T_m 和 t_m 示干酪根成熟门限温度及其相应时间

由式(8)算得的结果示于表4和图1。实际情况同表4和图1基本相符, 但是, 由于不同时代不同盆地的 T_0 值并不真正都等于293开, 所以计算结果毕竟还有一定的误差。如果要得到更为精确的结果, 应该用各个盆地实际的 T_0 值和式(7)进行计算。

表4 成熟门限温度与时间的关系

地 层	年 龄 (百万年)	门 限 温 度 (°C)
上 新 统		123
中 新 统	7	
渐 新 统	26	96
始 新 统	37.5	89
古 新 统	53.5	82
上 白 垩 统	65	78.5
下 白 垩 统	100	70.5
侏 罗 系	136	65
三 叠 系	192.5	59
上 古 生 界	225	56
下 古 生 界	395	46

五 上限温度和时间关系

为了赋予“过成熟状态”这个术语以量的意义, 如上文所述, 作者建议把 $\alpha=0.06$ 作为干酪根成熟状态的终点。显然, 地质时代互不相同的干酪根, 达到这个终点的相应温度也是互不相同的。以 $\alpha=0.06$, $E=15950$, $a=3.292 \times 10^7$, $T_0=293$ 代入式(6)中, 我们得到对应于不同源岩年龄的不同上限温度值如表5和图1所示。应该说明的是, 这里由于 T_0 值都“一刀切”地用了293开, 所

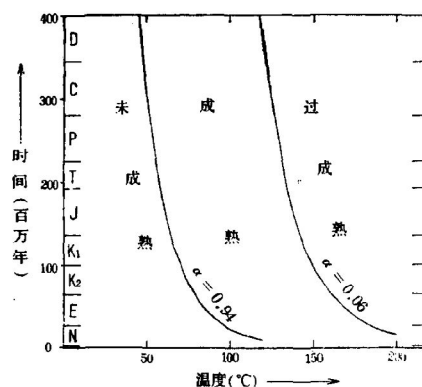


图1 门限温度、上限温度和时间关系

以计算结果仍然同具体盆地的实际情况有一定距离。如果需要更为精确的结果,应该利用实际 T_0 值和式(6)直接进行计算。

表5 成熟上限温度计算值

源 岩	年 龄 (百万年)	上 限 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)
上 第 三 系	26	183
下 第 三 系	65	160
中 生 界	225	130
上 古 生 界	395	118
下 古 生 界		

由图1, 相应于 α 值从0.94到0.06的温度区间, 其宽度随着干酪根年龄的减小而增大。同这个温度区间相对应的深度区间, 可以称之为“成熟带”。由于不同盆地的地温梯度通常不相同, 所以即使是年龄相同的源岩, 其成熟带宽度也往往不一样。

六 总体剩碳率的估算

本文所说的干酪根总体剩碳率 β , 指的是残余干酪根(包括固态干酪根与氯仿沥青之间的中介产物)中的碳与原始干酪根碳的比率。即是说(参见表1):

$$\beta = \frac{N+B}{K} = \frac{N}{K} + \frac{B_0}{K} \cdot \alpha \quad (9)$$

这里的 N/K 是无潜力碳在全部干酪根原始碳中所占的分率, B_0/K 是有潜力碳在全部干酪根原始碳中所占的分率, 二者之和等于1(即100%)。 B_0/K 的具体数值, 可以通过热解实验直接测出来, 其方法是利用镜质体反射率接近0.5%的干酪根在惰性气体中加热到已经不能继续释放出烃类物质为止, 然后计算出加热前后碳的损耗率作为 B_0/K 的近似值。另一方面, B_0/K 值也可以根据未成熟干酪根的原子比 H/C 和 O/C 估算出来。根据实际资料和理论计算, 图2初步总结了原子比同 B_0/K 的关系。只要知道了干酪根的 H/C (原子比) 和 O/C (原子比), 就可立即从图上查到 B_0/K 值。

图2也可以作为干酪根的分类方案。图中把干酪根划为 I、II、III 共3个型, 每个型又细分为3—4个类, 总共划出10类。为了便于同蒂索提出的3种主要

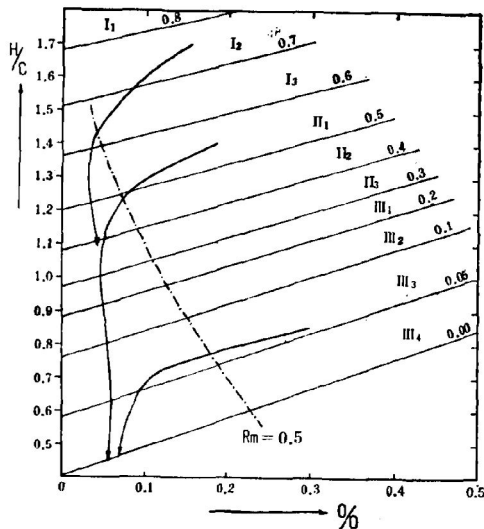


图2 干酪根原子比与 B_0/K 值的关系

图中小数分别表示各斜线上所有各点的 B_0/K 值, I₁ 至 III₄ 为干酪根的类型名称, R_m 为镜质体反射率。

类型相对比, 作者把蒂索总结出来的3条演化道路也转绘到图2中。图上的点划线是成熟区与未成熟区的大致分界线^[1]。

七 油气初次运移量的估算

本文所说的油气初次运移量, 指的是从源岩中运移出去的油气的重量。另一个术语——油气初次运移率, 则指的是已经从源岩中运移出去的油气同源岩本身的重量比。计算公式如下:

$$G = [(C - A) \div \beta - C] \div \gamma \quad (10)$$

$$Q_{\text{运}} = 10^{-6} G V d = 10^{-6} G H S d \quad (11)$$

式中, G 为油气初次运移率 (ppm), β 为干酪根总体剩碳率 (纯数), C 为实测的总剩余有机碳丰度 (ppm), A 为实测的残存氯仿沥青加气态烃以碳表示的丰度 (ppm, 参见表1), γ 为油气的平均含碳率 (一般约 0.86), $Q_{\text{运}}$ 为油气初次运移量 (亿吨), V 为源岩体积 (立方公里), H 为源岩厚度 (公里), S 为源岩分布面积 (平方公里), d 为源岩容重 (亿吨/立方公里)。系数 10^{-6} 是为了把以 ppm 为单位的 G 值折合为小数而引入的。

由于同一个盆地不同部位的源岩的 C 、 A 、 β 值可能有所不同, 所以在实际计算过程中需要把一个盆地的源岩划分成若干个单元 (岩块), 分别计算其初次运移率和初次运移量, 然后再求总运移量。 β 值需要由式 (9) 和式 (7) 算出, 如果所要求的精度不高, 也可以比照其他盆地的已知 β 值予以估定。

本文限于讨论热降解问题。在理论上, 如果干酪根碳完全没有由于受热降解而产生沥青, 即如果总体剩碳率 β 等于 1, 那么 A 应等于 0, 于是由式 (10) 算得的初次运移率 G 也应等于 0。但是事实上由于生物化学作用 (以及其他尚未查明的作用) 也可能产生一些沥青, 所以即使在很浅的深度, 实测 A 值也不见得接近于 0。这时候式 (10) 方括号内的数值就可能 (但不一定) 是负数, G 也就可能是负数。 G 为负数意味着源岩不仅没有排出油气, 反而从生物化学作用那里得到了“额外的”沥青。因此当计算所得 G 值为负数时, 可以认为 G 值实际上是零。

八 沥青生成量的估算

本文所说的沥青生成量, 指的是源岩已生成的油气和可溶于氯仿的沥青的重量。沥青生成率则是指源岩已生成的油气和氯仿沥青同源岩本身的重量比。显然, 沥青生成量等于已从源岩中运移出去的油气量加上残留在源岩中的油气和氯仿沥青量。因此,

$$W = G + \eta A \quad (12)$$

$$Q_{\text{生}} = 10^{-6} W V d = 10^{-6} W H S d \quad (13)$$

式中, ηA 表示实测的残留在源岩中的氯仿沥青和油气的丰度 (ppm), W 表示沥青生成率 (ppm), $Q_{\text{生}}$ 表示沥青生成量 (亿吨)。其余 G 、 V 、 H 、 S 、 d 诸符号的意义与式 (11) 相同。

A 和 ηA 的区别在于, ηA 是直接测得的丰度, 而 A 是以碳表示的丰度。所以 $1/\eta$ 的意义就是残存油气和氯仿沥青的平均含碳率。资料表明, η 的数值通常在 1.1 至 1.3 之

间。

在计算沥青生成率和生成量的时候,同样应该根据C、A、 β 的不同而把一个盆地中的源岩划分成若干个岩石单元,分别进行计算。

九 油气源岩评价标准

什么样的沉积岩才算得上油气源岩(sourcerocks,“生油岩”),不同等级的油气源岩各自的具体标准如何,这是迄今未取得一致意见的问题。

在油气普查勘探实践中,人们通常只是把那些所生油气丰度已经满足进行一定规模初次运移要求的岩石称为油气源岩。因此,本文作者建议把集中体现了油气生成作用内因与外因(干酪根类型和丰度,埋藏温度和时间)的沥青生成率W作为源岩的分类标准。根据国内各沉积盆地的实际情况,我们不妨约定:W值大于1000ppm的沉积岩称为良好油气源岩,W值为1000—200ppm的沉积岩称为一般油气源岩,至于W值小于200ppm的沉积岩,则根据其油气潜力分别称为潜在油气源岩(例如沅江凹陷沅江组)和非油气源岩(例如一般红色地层)。这个分类方案的特点是立足于现实,而且尺度单一。由于W值全面反映了油气生成作用的内因与外因,所以利用W值对沉积岩进行分类的实质就是对沉积岩进行油气综合评价。

十 结 束 语

本文讨论了油气预测问题的若干方面,并以干酪根剩碳率作为线索,把所讨论的内容串成了一个整体。但是本文并没有讨论有关油气预测的另外一些问题,例如生物化学作用所生烃类的估算问题,油气储量的估算问题,油和气的比率问题,岩浆活动强烈地区油气初次运移量的估算问题。粘土矿物和方解石是否对干酪根演化过程起催化作用,众说不一,本文也没有涉及这一问题。干酪根表观活化能和表观频率因数的具体数值,也有待于在积累了更全面更精确的原始资料之后,稍作修正。

本文提出的油气定量预测方法的特点是:

1. 它适用于褶皱变动不十分强烈的任何沉积岩层,包括有机质丰度甚高的沉积岩层(例如煤层)以及有机质丰度甚低的沉积岩层(例如红层)。
2. 虽然本文提供的定量预测方法涉及到一系列基本参数和变量,而且计算结果的精确度与其中任何一类数据都有很大关系,但是由于一部分参数适用于所有的盆地(例如表观活化能和表观频率因数)或者适用于许多盆地(例如古地表温度),所以在对一个具体岩块进行计算时,真正需要进行实测的基础数据并不很多,这就大大节省了用于积累基础资料的时间和资金。
3. 具体运算过程比较简单。借助于带有指数函数键的普通袖珍电子计算机,即可完成全部运算工作。

(收稿日期 1980年1月4日)

参 考 文 献

- [1] Tissot, B.P. and Welte, D.H., 1978, Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York.
- [2] Tissot, B.P. et al., 1974, Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum, AAPG Bull., Vol. 58, No. 3.
- [3] C.W. 艾伦, 1976, 物理量和天体物理量. 上海人民出版社.

A DISCUSSION ON THE METHOD FOR QUANTITATIVE
PREDICTION OF OIL AND GAS

Yang Wenkuan

(The 5th Headquarters of Petroleum Prospecting and Exploration, Ministry of Geology)

Abstract

As major component of kerogen, the carbon according to its distribution during revolution can be divided into potential carbon (B_0) which transforms gradually into the molecules of bitumen, and nonpotential carbon (N) which is impossible to have such a change. With the increasement of the buried time and depth the residual rate of carbon decreased gradually.

In addition, the potential carbon so called may be subdivided into transformed carbon (included the released carbon M from source rock, residual oil and gas and chloroform-extracted bitumen A of source rock) and has not yet transformed carbon (B). $B/B_0 - \alpha$, which is named the residual carbonic rate of potential carbon in kerogen. A further study of α may obtain rather accurate informations during the kerogen revolution.

According to the kerogen thermo-degradation of oil and gas genetical theory and the basic principle of chemical kinetics, the author has deduced the residual carbonic rate of potential carbon and other mathematic formulae.

Apply these formulae and the data of the abundance of total organic carbon and disseminated bitumen, it is possible to solve some questions related to quantitative oil and gas prediction, such as the quantitative estimation of maturity of kerogen, the reconstruction of the evolutionary process of kerogen, the confinement of the upper and lower limits for mature zones, the estimation of the amounts of bitumen generated, the calculation of the primary amounts of oil and gas, and the comprehensive assessment of the source rocks.

This method can be applied to various sedimentary rocks, including coal-bearing strata and "red beds"